

**PCT**  
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
 Internationales Büro  
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



<p>(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>H01L 21/306, G02B 6/12</b></p>	<b>A1</b>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 99/17349</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>8. April 1999 (08.04.99)</b></p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE98/02450</b></p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: <b>21. August 1998 (21.08.98)</b></p> <p>(30) Prioritätsdaten: <b>197 43 296.4      30. September 1997 (30.09.97)    DE</b></p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</b></p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): <b>GRÜNING, Ulrike [DE/US]; 38 Town View Drive, Wappingers Falls, NY 12590 (US). WENDT, Hermann [DE/DE]; Am Weichselgarten 49, D-85630 Grasbrunn (DE). LEHMANN, Volker [DE/DE]; Geyerspergerstrasse 53, D-80689 München (DE). STENGL, Reinhard [DE/DE]; Bergstrasse 3, D-86391 Stadtbergen (DE). REISINGER, Hans [DE/DE]; Eibseestrasse 14, D-82031 Grünwald (DE).</b></p> <p>(74) Gemeinsamer Vertreter: <b>SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).</b></p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: <b>JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</b></p> <p><b>Veröffentlicht</b>  <i>Mit internationalem Recherchenbericht.          Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>	
<p>(54) Title: <b>METHOD FOR PRODUCING AN OPEN THREE-DIMENSIONAL MICROSTRUCTURE</b></p> <p>(54) Bezeichnung: <b>VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER OFFENEN DREIDIMENSIONALEN MICROSTRUKTUR</b></p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;"> </div>		
<p>(57) Abstract</p> <p>The invention relates to the production of an open form (3) made from a given material and consisting of several two-dimensionally structured layers (1, 2). To this end, a first layer (1) taken from the material is prepared and a part (3) of the first layer (1) belonging to said form (3) is marked by doping at least one area (3, 4) of the first layer (1). Subsequently, at least one additional layer (2) from the material is applied and a part (3) belonging to the form (3) is once again marked. Finally, every unmarked part (4) of the layers (1, 2) is removed by etching depending on the doping of each layer (1, 2). The open form (3) is especially a photonic crystal.</p> <p>(57) Zusammenfassung</p> <p>Die Erfindung betrifft die Herstellung einer aus mehreren jeweils zweidimensional strukturierten Schichten (1, 2) zusammengesetzten, offenen Form (3) aus einem bestimmten Werkstoff. Dazu wird eine erste Schicht (1) aus dem Werkstoff bereitgestellt, und es wird ein zu der Form (3) gehöriges Teil (3) der ersten Schicht (1) durch Dotieren zumindest einer Zone (3, 4) der ersten Schicht (1) markiert. Dann wird zumindest eine weitere Schicht (2) aus dem Werkstoff aufgebracht, und auch darin wird ein zu der Form (3) gehöriges Teil (3) markiert. Schließlich wird jedes nicht markierte Teil (4) der Schichten (1, 2) durch Ätzen in Abhängigkeit von der jeweiligen Dotierung jeder Schicht (1, 2) entfernt. Die offene Form (3) ist insbesondere ein photonischer Kristall.</p>		

105

# **LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Letland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidtschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer offenen Form.

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer aus mehreren, jeweils zweidimensional strukturierten Schichten zusammengesetzten, offenen Form aus einem Werkstoff, welcher in Abhängigkeit von einer Dotierung ätzbar ist.
- 10 Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf die Herstellung einer offenen Form, welche als „photonischer Kristall“ geeignet ist.

Unter einer offenen Form wird im vorliegenden Zusammenhang  
15 eine Form mit nicht-konvexer Geometrie verstanden. Eine offene Form kann insbesondere eine nicht einfach zusammenhängende Geometrie im Sinne der herkömmlichen Topologie haben, also mit einem Loch, einem in zwei Dimensionen begrenzten Kanal, mehreren Löchern oder dergleichen versehen sein.

20

Eine solche offene Form kann unter Umständen als photonischer Kristall fungieren, also als mehr oder weniger periodische, sozusagen kristalline Struktur, welche sich hinsichtlich der Transmission von Photonen, also Licht, verhält wie ein im  
25 herkömmlichen Sinne kristalliner Halbleiter hinsichtlich der Transmission von Elektronen. Ein photonischer Kristall kann unter Umständen eine „photonische Bandlücke“ aufweisen in Analogie zu einem Halbleiter mit einer „elektronischen Bandlücke“; dies bedeutet, daß der photonische Kristall undurch-  
30 lässig ist für ein Photon mit einer Energie innerhalb der photonischen Bandlücke. Dies bedeutet, daß der photonische Kristall für ein solches Photon, wenn es von außen auf ihn fällt, als im wesentlichen perfekter Spiegel wirkt. Aus dieser Eigenschaft erklärt sich das Interesse an photonischen  
35 Kristallen zur Begrenzung optischer Lichtleiter oder optischer Hohlraumresonatoren, denn anders als eine üblicherweise verwendete Begrenzung eines optischen Wellenleiters oder

Hohlraumresonators mittels einer total reflektierenden Anordnung ist die reflektierende Eigenschaft eines photonischen Kristalls unabhängig von einem Winkel, unter dem ein zu reflektierendes Photon auf den photonischen Kristall auftrifft.

5

Eine als photonischer Kristall ausgebildete offene Form sowie ein Verfahren zu ihrer Herstellung gehen hervor aus der Schrift WO 97/04340 A1. Die offene Form besteht aus Silizium als Werkstoff und wird hergestellt mittels elektrochemischen Ätzens. Die WO 97/04340 A1 erwähnt auch Galliumarsenid und Aluminium-Gallium-Arsenid als geeignete Werkstoffe; in einem solchen Werkstoff kann die gewünschte offene Struktur durch reaktives Ionenätzen hergestellt werden.

15 Ein breiter Überblick über das technische Gebiet der photonischen Kristalle bietet der Aufsatz „Photonic Band Structure“ von E. Yablonovitch, enthalten in dem von C. M. Soukoulis herausgegebenen Buch „Photonic Band Gaps and Localization“, Plenum Press, New York, N. Y., 1993, Seiten 207ff. Ein Beispiel für einen photonischen Kristall findet sich auf Seite 20 222 dieses Aufsatzes, Figur 15. Die Figur enthält auch Hinweise zur Herstellung dieses photonischen Kristalls.

Von Interesse im vorliegenden Zusammenhang ist auch ein Aufsatz von R. D. Meade et al., „Novel Applications of Photonic Band Gap Materials: Low-loss Bends and High Q Cavities“, Journal of Applied Physics 75 (1994) 4753. Dieser Aufsatz zeigt Hohlraumresonatoren und Wellenleiter, die von photonischen Kristallen begrenzt sind.

30

Ein photonischer Kristall erfordert herkömmlich eine vergleichsweise komplex aufgebaute offene Form. Zusätzlich ist es erwünscht, eine solche offene Form herzustellen aus einem Material, wie es für elektronische Halbleiterbauelemente Verwendung findet, und somit eine Integration der Technologie der photonischen Kristalle mit der Technologie der Halbleiter-Optoelektronik zu ermöglichen.

35

Dementsprechend ist die Aufgabe der Erfindung die Angabe eines Verfahrens zur Herstellung einer offenen Form, die aus mehreren, jeweils zweidimensional strukturierten Schichten zusammensetzbar ist und aus einem Werkstoff, welcher in Abhängigkeit von einer Dotierung ätzbar ist, besteht.

Zur Lösung dieser Aufgabe angegeben wird ein Verfahren gemäß dem unabhängigen Patentanspruch. Bevorzugte Weiterbildungen des Verfahrens ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung einer aus mehreren, jeweils zweidimensional strukturierten Schichten zusammengesetzten, offenen Form aus einem Werkstoff, welcher in Abhängigkeit von einer Dotierung ätzbar ist, umfaßt folgende Schritte:

- Bereitstellen einer ersten Schicht, welche aus dem Werkstoff besteht, und Markieren eines zu der Form gehörigen Teils der ersten Schicht durch Dotieren zumindest einer Zone der ersten Schicht;
- zumindest einmal Aufbringen einer weiteren Schicht, welche aus dem Werkstoff besteht, und Markieren eines zu der Form gehörigen Teils der weiteren Schicht durch Dotieren zumindest einer Zone der weiteren Schicht; und
- Entfernen jedes nicht markierten Teils der Schichten durch Ätzen in Abhängigkeit von der jeweiligen Dotierung jeder Schicht.

Die herzustellende offene Form ist so strukturiert, daß sie aus jeweils zweidimensional strukturierten Schichten zusammengesetzt werden kann. Eine Strukturierung einer Schicht wird dann als zweidimensional befunden, wenn sie entlang einer Dickenrichtung der Schicht homogen ist; es handelt sich also bei der Struktur um eine im wesentlichen ebene Struktur. Durch entsprechendes Dotieren jeder Schicht wird jedes zu der Form gehörige Teil der Schicht markiert und dadurch vorberei-

tet für den Ätzprozeß, welcher die herzustellende offene Form aus dem bis auf die Dotierung homogenen Komplex der Schichten herauslöst. Mittels der Dotierungen kann wahlweise das Ätzen des Werkstoffes erleichtert (dann entsteht die offene Form aus dem undotiert verbliebenen Werkstoff) oder erschwert (dann entsteht die offene Form aus dem dotierten Werkstoff) werden. Es bestehen auch keine grundsätzlichen Einschränkungen hinsichtlich des Aufbringens der zumindest einen weiteren Schicht auf die erste Schicht. Eine weitere Schicht kann sowohl aufgewachsen, also durch Phasenumwandlung direkt auf dem bereits vorliegenden Substrat erzeugt, oder als zunächst separater Festkörper, gegebenenfalls schon mit der gewünschten Dotierung, hergestellt und durch nachträgliches „Wafer Bonding“ mit dem bereits vorliegenden Substrat verbunden werden. Ätzverfahren verschiedenster Art, die ein selektives Ätzen eines Werkstoffes in Abhängigkeit von einer Dotierung erlauben, sind auf dem Gebiet der Technologie der elektronischen Halbleiter geläufig; im Einzelfall muß ein dem gewählten Werkstoff und der gewählten Dotierung entsprechendes Ätzverfahren herangezogen werden.

Das Aufbringen einer weiteren Schicht erfolgt vorzugsweise durch Aufwachsen; dabei wird weiterhin vorzugsweise die erste Schicht als Einkristall bereitgestellt und jede weitere Schicht epitaktisch, also unter Fortsetzung der einkristallinen Struktur, aufgewachsen.

Der Werkstoff der offenen Form ist vorzugsweise ein Halbleiter, insbesondere Silizium. In diesem Fall kann das Dotieren unter Erzeugung einer p-Leitfähigkeit in dem Silizium erfolgen, besonders vorzugsweise durch Einbringen von Bor. Zusätzlich vorzugsweise wird bei jedem Dotieren eine Konzentration von dotierenden Atomen, insbesondere also Bor, oberhalb von  $10^{15}$  pro  $\text{cm}^3$ , vorzugsweise oberhalb von  $10^{20}$  pro  $\text{cm}^3$ , in dem Werkstoff erzeugt. Das Ätzen kann dann durch eine alkalische Ätzflüssigkeit erfolgen; ein diesbezügliches Ausführungsbeispiel wird noch erläutert. In diesem Zusammenhang erfolgt au-

ßerdem vorzugsweise das Markieren jedes erwähnten Teils der offenen Form durch Dotieren dieses Teils, da p-leitfähig dotiertes Silizium mittels einer alkalischen Ätzflüssigkeit üblicherweise wesentlich weniger aufgelöst wird als undotiertes Silizium.

Bei dem Verfahren wird vorzugsweise eine offene Form mit einer sich höchstens viermal periodisch wiederholenden Struktur erzeugt. Dies ist von besonderer Bedeutung dann, wenn die herzustellende offene Form ein photonischer Kristall ist, denn die Funktion eines photonischen Kristalls kann in Mitteilenshaft gezogen werden, wenn sich die herstellungsbedingten Abmessungstoleranzen einer zu oft wiederholten Struktur zu stark bemerkbar machen.

Eine bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens sieht vor, daß jedes Dotieren erfolgt mittels eines in der Technologie der elektronischen Halbleiterbauelemente geläufigen Maskierungsverfahrens. Dabei wird vor jedem Dotieren eine die entsprechende Schicht außerhalb jeder zu dotierenden Zone bedeckende Maske aufgebracht, dann die gewünschte Dotierung vorgenommen und direkt nach dem Dotieren die Maske wieder entfernt.

Die herzustellende Form ist vorzugsweise ein photonischer Kristall, wie bereits erläutert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert. Die Zeichnung ist zur Verdeutlichung bestimmter Merkmale keine maßstabsgetreue Wiedergabe des Ausführungsbeispiels.

Im einzelnen zeigen:

Figur 1 eine wie vorstehend erläutert hergestellte offene Form, die als photonischer Kristall geeignet ist; und die Figuren 2 bis 5 die Herstellung dieser offenen Form.

- Figur 1 zeigt die herzustellende und einen photonischen Kristall darstellende offene Form 3 in einer Schrägansicht. Diese offene Form 3 ist anzusehen als eine Schichtung ebener Anordnungen von Balken und dementsprechend in klar erkennbarer Weise in jeweils zweidimensional strukturierte Schichten, die entlang der z-Achse des dargestellten Koordinatensystems aufeinanderliegen, zerlegbar. Zu erkennen ist auch, daß die offene Form eine periodisch wiederkehrende Struktur 7, welche aus vier unmittelbar aufeinanderfolgenden Schichten besteht, aufweist. Es sei bemerkt, daß die dargestellte Periodizität der offenen Form 3 keine notwendige Voraussetzung ist, denn gerade durch vereinzelte oder fortgesetzte Brüche der Periodizität können in der offenen Form 3 wellenleitende Strukturen nach Art eines Wellenleiters oder optischen Hohlraumresonators realisiert werden. Die offene Form 3 ist so bemessen, daß sie die beabsichtigte Funktion als photonischer Kristall für Photonen als dem infraroten Spektralbereich erfüllt.
- Am Beispiel der Herstellung einer einzigen Struktur 7, die sich in der offenen Form 3 wie erwähnt periodisch wiederholt, wird nun das erfindungsgemäße Verfahren anhand der Figuren 2 bis 5 erläutert.
- Gemäß Figur 2 wird ausgegangen von einem einkristallinen, nicht dotierten Substrat 6 aus Silizium. Auf diesem Substrat 6 wird zunächst durch epitaxiales Aufwachsen die erste Schicht 1 erzeugt, wiederum aus zunächst undotiertem Silizium. Auf die erste Schicht 1 wird in herkömmlicher Weise eine strukturierte Maske 5 aufgebracht, und unter Zuhilfenahme dieser Maske 5 werden diejenigen Teile 3 der ersten Schicht 1, welche zu der herzustellenden offenen Form gehören, unter Bildung einer p-Leitfähigkeit mit Bor dotiert. Diese Dotierung erfolgt unter Einhaltung der vorstehend als bevorzugt bezeichneten Kriterien. Von der Maske 5 bedeckte Zonen 4 der ersten Schicht 1 verbleiben ohne Dotierung. Anschließend wird die Maske 5 entfernt, und auf die erste Schicht 1 wird eine



- ebenfalls aus zunächst undotiertem Silizium bestehende weitere Schicht 2 aufgewachsen, wiederum epitaxial zur Erhaltung und Fortsetzung der ursprünglich vorhandenen einkristallinen Struktur. Auf die weitere Schicht 2 wird wiederum eine strukturierte Maske 5 aufgebracht, wie dargestellt in Figur 3. Diese Maske 5 läßt eine einzige sichtbare zu dotierende Zone 3 frei; undotiert verbleibende Zonen 4 befinden sich lediglich an den Rändern der weiteren Schicht 2. Nach Dotierung der weiteren Schicht 2 wird die Maske 5 entfernt und erneut eine weitere Schicht 2 aufgewachsen sowie mit einer neuen strukturierten Maske 5 versehen, siehe Figur 4. Nach Dotierung der Schicht 2 und Entfernung der Maske 5 wird noch eine weitere Schicht 2 aufgewachsen und noch eine neue Maske 5 aufgebracht, siehe Figur 5. Wie aus Figur 1 für die entsprechende Schicht offenen Form 3 frei erkennbar, bedeckt in der Ansicht gemäß Figur 5 die Maske 5 die obere weitere Schicht 2 vollständig; mithin bleibt diese Schicht 2 an der dargestellten Stelle vollständig undotiert.
- 20 Nach Entfernung der in Figur 5 dargestellten Maske 5 ist die sich in der gewünschten offenen Form 3 periodisch wiederholende Struktur 7 vollständig hergestellt, freilich nur als komplex zusammenhängende dotierte Matrix in einem ansonsten undotierten, aus Silizium bestehenden einfach zusammenhängenden Monolithen. Durch Wiederholen der aus den Figuren 2 bis 5 erkennbaren Abfolge von Prozeßschritten kann die Struktur 7 erneut realisiert werden, und dies in jedweder gewünschten Anzahl. Wie bereits erläutert wird es bevorzugt, die Anzahl der Wiederholungen nicht zu groß zu wählen; mehr als fünf
- 30 Wiederholungen können unter Umständen die Funktion der offenen Form 3 durch sich dann zu stark auswirkende Fertigungstoleranzen beeinträchtigen. Entsprechend zeigt Figur 1 nur drei übereinander angeordnete Strukturen 7.
- 35 Sind alle gewünschten weiteren Schichten 2 aufgebracht und wie gewünscht dotiert, erfolgt als letzter Prozeßschritt das Herauslösen der offenen Form 3 aus dem zunächst erhaltenen

Monolithen. Dazu wird der Monolith in aus der Technologie der Halbleiterelektronik geläufigerweise durch Ätzen mit einer alkalischen Ätzflüssigkeit geätzt, wobei die Ätzflüssigkeit als wirksame Bestandteile Ethylendiamin und Pyrokatechol enthält. Eine solche Ätzflüssigkeit zeigt bekanntermaßen eine deutliche Variation der Ätzung von mit Bor dotiertem Silizium, sofern die Dotierung eine Konzentration von Dotierungsatomen oberhalb von  $10^{15}$  pro  $\text{cm}^3$  aufweist. Der Unterschied in den Ätzraten zwischen mit Bor dotiertem Silizium mit einer Dotierung von mehr als  $10^{20}$  pro  $\text{cm}^3$  und mit Bor dotiertem Silizium mit einer Dotierung von weniger  $10^{19}$  pro  $\text{cm}^3$  kann einen Faktor von 1000 erreichen. Somit steht ein hervorragendes Verfahren zur Verfügung, mit dem undotiertes Silizium ohne wesentlichen Angriff auf dotiertes Silizium aus dem Monolithen herausgelöst werden kann. Somit kann alles undotierte Silizium aus der dotierten Matrix entfernt werden, und nach Vollendung des Ätzens liegt allein noch die dotierte Matrix, und dies ist die gewünschte offene Form 3 aufgebaut aus dotiertem Silizium, vor.

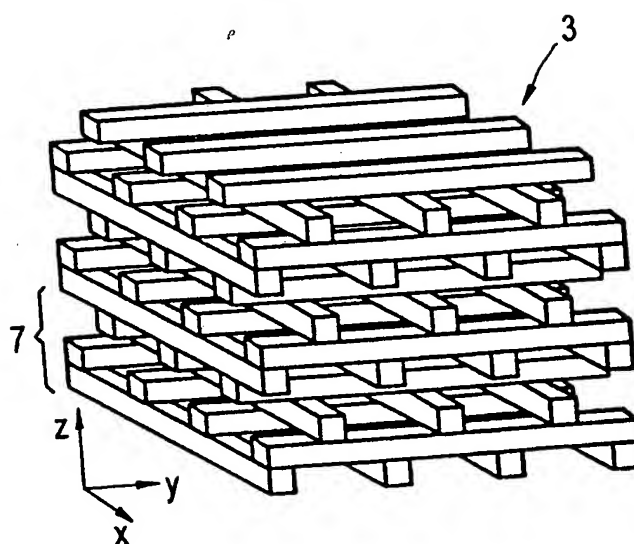
## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer aus mehreren, jeweils  
zweidimensional strukturierten Schichten (1, 2) zusammenge-  
5 setzten, offenen Form (3) aus einem Werkstoff, welcher in Ab-  
hängigkeit von einer Dotierung ätzbar ist, umfassend folgende  
Schritte:
  - Bereitstellen einer ersten Schicht (1), welche aus dem  
Werkstoff besteht, und Markieren eines zu der Form (3) ge-  
10 hörigen Teils (3) der ersten Schicht (1) durch Dotieren zu-  
mindest einer Zone (3, 4) der ersten Schicht;
  - zumindest einmal Aufbringen einer weiteren Schicht (2),  
welche aus dem Werkstoff besteht, und Markieren eines zu  
der Form (3) gehörigen Teils (3) der weiteren Schicht (2)  
15 durch Dotieren zumindest einer Zone (3, 4) der weiteren  
Schicht (2); und
  - Entfernen jedes nicht markierten Teils (4) der Schichten  
(1, 2) durch Ätzen in Abhängigkeit von der jeweiligen Do-  
tierung jeder Schicht (1, 2).
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
bei dem das Aufbringen erfolgt durch Aufwachsen.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
25 bei dem die erste Schicht (1) als Einkristall bereitgestellt  
und jede weitere Schicht (2) epitaktisch aufgewachsen wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem der Werkstoff ein Halbleiter ist.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 4,  
bei dem der Werkstoff Silizium ist.
6. Verfahren nach Anspruch 5,  
35 bei dem jedes Dotieren eine p-Leitfähigkeit in dem Werkstoff  
erzeugt.

7. Verfahren nach Anspruch 6,  
bei dem jedes Dotieren durch Einbringen von Bor erfolgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 und 7,  
5 bei dem mit jedem Dotieren eine Konzentration von dotierenden  
Atomen oberhalb von  $10^{15}$  pro  $\text{cm}^3$ , vorzugsweise oberhalb von  
 $10^{20}$  pro  $\text{cm}^3$ , in dem Werkstoff erzeugt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8,  
10 bei dem das Ätzen durch eine alkalische Ätzflüssigkeit er-  
folgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9,  
bei dem das Markieren jedes Teils (3) durch Dotieren dieses  
15 Teils (3) erfolgt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem die offene Form (3) mit einer sich höchstens viermal  
periodisch wiederholenden Struktur (7) hergestellt wird.  
20
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem vor jedem Dotieren eine die entsprechende Schicht (1,  
2) außerhalb jeder Zone (3, 4) bedeckende Maske (5) aufge-  
bracht und direkt nach diesem Dotieren wieder entfernt wird.  
25
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
bei dem die herzustellende Form (3) ein photonischer Kristall  
(3) ist.

1/2

FIG 1



2/2

FIG 2

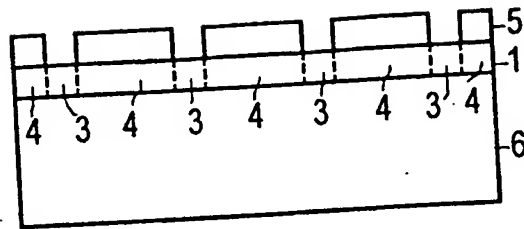


FIG 3

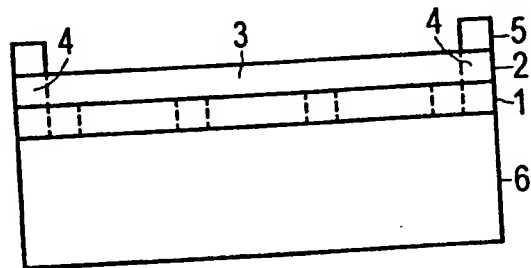


FIG 4

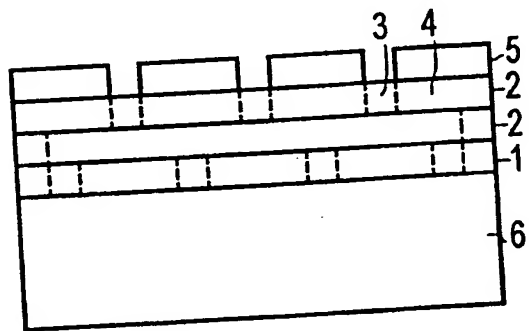
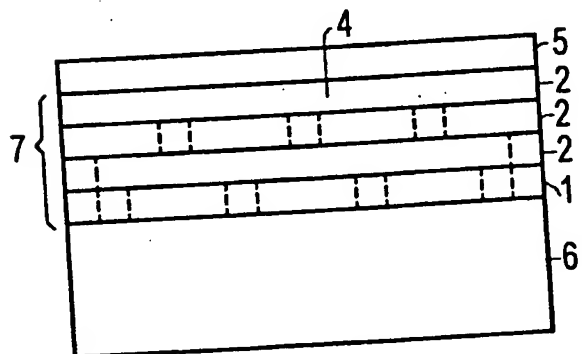


FIG 5



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/02450

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H01L21/306 G02B6/12

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H01L G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 600 483 A (FAN SHANHUI ET AL) 4 February 1997 see abstract see figure 6 see column 1, line 61 - line 24 see column 5, line 25 - line 62	1,2,4,5, 11,13
Y		3,6-10
Y	US 5 431 777 A (AUSTIN LARRY W ET AL) 11 July 1995 see abstract; figure 1 see column 1, line 1 - column 2, line 49 -/-	3,6-10

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 January 1999

Date of mailing of the international search report

04/02/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Visscher, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 98/02450

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 195 26 734 A (SIEMENS AG)  23 January 1997  cited in the application  see abstract; figures 1-4  see column 1, line 64 - column 2, line 15  see column 3, line 19 - line 67  -----</p>	1-13



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 98/02450

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5600483 A	04-02-1997	US 5440421 A	08-08-1995
		WO 9530917 A	16-11-1995
US 5431777 A	11-07-1995	JP 2114372 C	06-12-1996
		JP 6188236 A	08-07-1994
		JP 8031452 B	27-03-1996
		US 5565060 A	15-10-1996
DE 19526734 A	23-01-1997	WO 9704340 A	06-02-1997
		EP 0840900 A	13-05-1998

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02450

**A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 6 H01L21/306 G02B6/12

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01L G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 600 483 A (FAN SHANHUI ET AL) 4. Februar 1997 siehe Zusammenfassung siehe Abbildung 6 siehe Spalte 1, Zeile 61 - Zeile 24 siehe Spalte 5, Zeile 25 - Zeile 62	1,2,4,5, 11,13
Y	---	3,6-10
Y	US 5 431 777 A (AUSTIN LARRY W ET AL) 11. Juli 1995 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 siehe Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 2, Zeile 49 ---	3,6-10
	---	
	---/---	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. Januar 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/02/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Visscher, E

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02450

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>DE 195 26 734 A (SIEMENS AG)  23. Januar 1997  in der Anmeldung erwähnt  siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1-4  siehe Spalte 1, Zeile 64 - Spalte 2, Zeile 15  siehe Spalte 3, Zeile 19 - Zeile 67</p>	1-13

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 98/02450

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5600483 A	04-02-1997	US 5440421 A WO 9530917 A	08-08-1995 16-11-1995
US 5431777 A	11-07-1995	JP 2114372 C JP 6188236 A JP 8031452 B US 5565060 A	06-12-1996 08-07-1994 27-03-1996 15-10-1996
DE 19526734 A	23-01-1997	WO 9704340 A EP 0840900 A	06-02-1997 13-05-1998